

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

2014年度 博士論文

睡眠ブラキシズムと自律神経活動の関係

The relationship between sleep bruxism and autonomic activity

2014年9月4日

糠澤真壱

Shinichi Nukazawa

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

口腔科学講座 歯科矯正学

河田俊嗣教授 指導

論文内容要旨

睡眠ブラキシズムは、顎口腔領域において、歯・歯質、歯周組織、咀嚼筋、顎関節などに障害を発生させる活動である一方、ストレスマネジメントにとっては重要な生理的活動である。本研究においては、睡眠ブラキシズムの生理的な意義を解明するため、睡眠時のブラキシズム活動と自律神経活動の関係性を確認することを目的とした。

全身疾患、精神疾患等のない健康な男性 11 名、(年齢 24.7 ± 2.3 歳) を被験者とし、神奈川歯科大学内の睡眠ラボにおいて、睡眠中の下顎の動きを記録する 2 軸加速度センサー、赤外線カメラ、脳波計、筋電図、心電図などのデータを記録した。

筋電図の積分値と、心電図の R-R 間隔の周波数解析により得られた交感神経と副交感神経活動のデータを全睡眠時間中において、時系列で重ねあわせて評価を行った。ブラキシズムイベントの判定は、2 軸加速度センサーと筋電図のブラキシズム解析ソフトによる分析から判定された。

結果として、睡眠中に発生したブラキシズムイベント時には、自律神経の変動がそのブラキシズムを中心として 60 秒前後の短い間隔で変動し、その活動のパターンは交感神経が賦活した後、ブラキシズム活動が発生しその後、副交感神経が賦活するパターンが高頻度に認められた (93.3%)。また、そのパターンを分析したところ、ブラキシズムイベント時の交感神経活動は、一晩の平均値に対して約 16 倍、副交感神経活動は、一晩の平均に対して約 3 倍となっていた。ブラキシズムの咬筋活動は、平均 15%MVC で、最大のものでは覚醒時の最大咬筋活動時の 150%以上のものも認められた。ブラキシズムイベント時間の長さと交感神経活動では、被験者 11 人中 7 名において有意な相関関係が認められた。またブラキシズムの筋活動(%MVC)と副交感神経活動においては被験者 11 人中 5 名において有意な相関関係が認められた。

これらの結果により、ブラキシズム活動と自律神経活動には密接な関係があり、ブラキシズム活動に生理的な意義があることが示唆された。

論文審査要旨

睡眠ブラキシズムは、顎口腔領域において、歯・歯質、歯周組織、咀嚼筋、顎関節などに障害を発生させる活動である一方、ストレスマネジメントにとっては重要な生理的活動である。本研究においては、睡眠ブラキシズムの生理的な意義を解明するため、睡眠時のブラキシズム活動と自律神経活動の関係性を確認することを目的とした極めて新規性のある研究論文である。

被験者は全身疾患、精神疾患等のない健康な男性 11 名、(年齢 24.7 ± 2.3 歳) とし、神奈川歯科大学内の睡眠ラボにおいて、睡眠中の下顎の動きを記録する 2 軸加速度センサー、赤外線カメラ、脳波計、筋電図、心電図などのデータを記録した。全睡眠時間中における筋電図の積分値と、心電図の R-R 間隔の周波数解析から交感神経と副交感神経活動のデータ別個に抽出し、時系列で重ねあわせて評価を行っているが、この研究の最も独創的な部分であり審査会では高く評価した。ブラキシズムイベントの判定についても、2 軸加速度センサーによる下顎運動と筋電図のブラキシズム解析ソフトによる分析から判定する極めて質の高い評価法を使用している。

導かれた結果は、睡眠中に発生したブラキシズムイベント時には、自律神経活動がブラキシズムを中心として、その活動のパターンは交感神経が賦活した後、ブラキシズム活動が発生しその後、副交感神経が賦活するパターンが高頻度に認められた (93.3%) ことは非常に興味深い結果であると審査会では判断した。また、そのパターンを分析したところ、ブラキシズムイベント時の交感神経活動は、一晩の平均値の約 16 倍、副交感神経活動は、一晩の平均の約 3 倍となり、ブラキシズムと自律神経活動の関連性が極めて高いことを明確にし、興味ある知見を示した。また、ブラキシズムの咬筋活動は平均 15%MVC で、最大のものでは覚醒時の最大咬筋活動時の 150% 以上のものも認められ、従来より報告されている意識下の最大咬合力を超えるブラキシズム時の咬合力を再確認している。これらの結果により、ブラキシズム活動と自律神経活動には密接な関係があり、特に交感神経と副交感神経、そしてブラキシズム活動に何らかの生理的な意義があることが示唆された貴重な論文である。

本審査委員会では、本研究が睡眠ブラキシズムの生理的な意義を解明するため、睡眠時のブラキシズム活動と自律神経活動の関連性について明確にしたことを高く評価した。また、これらの結果は歯科臨床における診断と治療計画立案、術後安定した長期経過に極めて有用な示唆を与えるものと判断した。よって、本審査委員会は申請者が博士 (歯学) の学位に十分値するものと認めた。

2014年 9月 4日

主査：玉置 勝司 教授

副査：吉田 和市 教授

副査：槻木 恵一 教授

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

2014年度 博士論文

睡眠ブラキシズムと自律神経活動の関係

The relationship between sleep bruxism and autonomic activity

2014年9月4日

糠澤真壱

Shinichi Nukazawa

神奈川歯科大学大学院歯学研究科

口腔科学講座 歯科矯正学

河田俊嗣教授 指導

諸言

人間にとって人生の3分の1を占める睡眠は、日中の疲労を回復し、健康を維持するために必要不可欠で普遍的な生物学的プロセスである。また、その睡眠の質は睡眠時間や睡眠環境によって大きく左右される側面もあり、良質な睡眠のためには、レム睡眠とノンレム睡眠の適切な睡眠サイクルが得られる必要がある¹⁾。その睡眠サイクルの中においては、生体の生理的な活動として、全身の筋活動の変化とともに、体温、心拍、血圧などに影響する自律神経の活動²⁻³⁾、成長ホルモン、コルチゾール、メラトニンなど各種ホルモン分泌量などの変動が生じる⁴⁾。口腔顔面領域においても睡眠中には、嚥下・咀嚼筋活動・寝言・顔の表情・しゃっくり・ため息・咳漱・非特異的な咀嚼筋の収縮など多数の生理的な口腔顔面運動が発現する⁵⁾。このような生理的な口腔顔面運動の中で、律動性咀嚼筋活動 (Rhythmic masticatory muscle activity: RMMA)⁶⁾とそれに続く上下の歯のグラインディング活動から成る睡眠ブラキシズムエピソードは、その活動が過大になりすぎることもある。過剰となった睡眠ブラキシズムは、顎口腔領域において、歯・歯質、歯周組織、咀嚼筋、顎関節などに障害を発生させる活動であることが多数報告されている⁷⁻¹²⁾。その一方、睡眠ブラキシズム

は中枢性に発現する生理的な咀嚼筋の活動であることが示され¹³⁾、ストレス処理にとって、重要な生理的な活動であることも明らかになっている¹⁴⁻¹⁵⁾。

ストレスが全身に与える影響の経路として、視床下部—下垂体—副腎を介する HPA 軸は最終的にコルチゾールの分泌を増加させ、免疫抑制が起こり、感染症や癌の発生にもかかわっている¹⁶⁻¹⁷⁾。また自律神経を介する SAM 軸の最終産物は、カテコールアミンであり、その分泌増加で心拍数の増加や血圧の上昇などが起こり、胃潰瘍などの発生にもかかわっていると考えられている¹⁸⁻²⁰⁾。一方、噛むという行動は、そのようなストレス応答の経路を減弱させる働きがあるということが報告されている²¹⁻²⁵⁾。

さらに睡眠ブラキシズムは、交感神経の賦活、心拍数、血圧の上昇、呼吸数の増加、睡眠中の微小覚醒と関連していることが報告されており²⁶⁻²⁷⁾、またそれらは、睡眠ブラキシズムの前に一連の流れをもって発生していることから²⁸⁾、睡眠ブラキシズムは自律神経の変化に引き続いて起こる 2 次的な咀嚼筋活動であるとも推察されている²⁹⁾。これらのことから睡眠ブラキシズムは、自律神経活動と密接に関連して生体のホメオスタシスの維持に影響を与えている可能性が考えられる。つまり、生理的な咀嚼筋活動である睡眠ブラキシズムは、生体にとって必須の活動であるとともに、適切に制御されるべき活動であるとも言える。

ただし、睡眠ブラキシズムと自律神経活動の具体的な関係性については不明な点が多い。拘束ストレス下のラットにおける血圧、体温の上昇をバイティン
グにより抑制することが出来たとの報告³⁰⁾があるものの、睡眠ブラキシズムが
自律神経活動にどの程度関係しているのか、睡眠ブラキシズム前後の自律神経
活動のうち特に睡眠ブラキシズム後の自律神経活動の変化などについては、い
まだ明確にされていない。また、睡眠ブラキシズムと副交感神経活動との関連
についても不明な点が多い。**Kemppainen** ら³¹⁾ や和泉ら³²⁻³⁴⁾ は、顔面口腔領域
における副交感神経血管拡張線維の存在を発見し、三叉神経の刺激により下顎
口唇や咀嚼筋の血管が副交感神経血管拡張線維を介して拡張されるという、三
叉神経—副交感神経反射の存在を報告している。つまり、睡眠ブラキシズムと
いう三叉神経刺激は、自律神経活動のうち、副交感神経活動にも影響を与える
可能性が考えられる。

このような背景から、本研究では、睡眠ブラキシズムが生体のホメオスタシ
スの維持において自律神経を介して影響をあたえている可能性を考え、睡眠ブ
ラキシズムと自律神経活動（交感神経、副交感神経）との関係を調べることにし
た。

実験材料および方法

被験者

被験者は、全身疾患、精神疾患等のない健康な有歯顎者の男性 11 名、(年齢 24.7 ± 2.3 歳) (表 1) とした。本実験参加者には実験計画、手順、タスクについて十分に説明するとともに、実験参加について同意が得られた者とした。実験は長時間の測定となることから、実験中に少しでも心身に違和感や嫌悪感が感知した場合には即座に自ら中止を申し出るよう指示した。本研究は神奈川歯科大学倫理審査委員会の承認 (第 90 番) を得ている。

ブラキシズムモニターシステム

神奈川歯科大学内の睡眠ラボには、睡眠ブラキシズム監視システムが設置され、睡眠中の様々なデータを監視することが出来る。そのシステムは、下顎の動きを記録する2軸加速度センサー (ACC, ADXL202E, Analog Devices Co. Ltd., Norwood, MA, USA)、赤外線カメラ (TLV-3060, Daiwa Co. Ltd., Tokyo, Japan)、脳波計 (EEG, Poly Mate AP1124, TEAC Co. Ltd., Tokyo, Japan)、筋電図 (EMG, SN700, Techno Science Co. Ltd., Tokyo, Japan)、心電図 (ECG, Poly Mate AP1124, TEAC Co. Ltd., Tokyo, Japan) から構成されている。

睡眠実験は、はじめに覚醒時の基本データ（タッピング、グライディング、クレンチングなど）を採取した。各被験者が睡眠前に行った最大噛みしめを、筋活動の基準とする目的で、5 秒間 3 回行わせて、その時の咬筋活動（maximum voluntary contraction, MVC）を記録した。睡眠中の筋活動は、この MVC を 100% の活動として、その活動割合をパーセントで表すこととした (%MVC)。

睡眠実験は、おおよそ午後 11 時～午前 7 時まで行なった。睡眠実験に使用する部屋は、光や音などの外部からの刺激を少なくし、室温は一定温度をたもった条件とした。

睡眠ブラキシズムの測定と解析

睡眠ブラキシズムの測定のための咬筋の筋電図による咀嚼筋活動の記録は、接着性の表面電極を頬骨弓と下顎下縁を結ぶ線上の咬筋部に装着することで行った。下顎の動きを測定するための2軸加速度センサー (ACC) は、前頭部の左右的中心部に基準 ACCを、またオトガイの左右的中心部に運動記録用のACCをそれぞれ装着した (図1)。筋電図計 (EMG) から得られた生データは、まず50ヘルツノッチフィルターで交流電源上のノイズを除去し、次いで60ヘルツのハイパスフィルターによって皮膚電極上のノイズを除去、移動絶対積分処理の後、

検出レベル判定を視覚的に行うためスムージング処理を行った。ACCから得られた生データは50ヘルツノッチフィルターで交流電源上のノイズを除去し、次いで10ヘルツハイパスフィルターにて上下顎歯列非接触下顎運動を示す低周波領域を除去、移動絶対積分処理後、同様の理由によりスムージング処理を行った。

本研究では、睡眠ブラキシズムの判定基準として、吉見ら³⁵⁾の基準を参考にして、上記のデータを基にブラキシズム解析ソフト (G1 System Co. Ltd., Tokyo, Japan) によりブラキシズムと判定されたものの中で、EMGの閾値レベルを最大筋活動の5%とし、ブラキシズムの最少時間をタッピングでは250ミリ秒、クレンチングとグラインディングでは500ミリ秒、さらにブラキシズム間の時間は最少3秒のものとして判定した。

心電図の記録と解析

得られた心電図 (ECG) の生データは、50ヘルツノッチフィルターで交流電源上のノイズを除去した。心電図の洞調律R-R間隔は変動しており心拍変動とよばれる。心拍変動は、呼吸や循環に関する自律神経活動の影響を受けた生理的な心周期のゆらぎであり、これを周波数に分けて分析 (スペクトル解析) するこ

とで複数の波からなる変動を分解することが出来る³⁶⁾。今回、解析ソフト (Analog Recorder Pro. G1 System Co. Ltd., Tokyo, Japan) を用いて心電図のR-R間隔変動から自律神経の周波数成分を分離するためにスペクトル解析を行った。解析は、時間分解能に優れたガボールウェーブレット解析により解析を行い³⁷⁾、LF、HF、LF/HFの経時的なトレンド波形を作成した (図2)。低周波成分のLF (low frequency) は、0.04 ~ 0.15Hzの周波数帯からなり心臓迷走神経系と心臓血管交感神経系の両活動を反映している。高周波成分のHF (high frequency) は、0.2 ~ 0.45Hzの周波数帯からなり迷走神経活動 (心臓副交感神経) を反映している。LFは、交感と副交感神経成分を含むため、LF/HFを心臓交感神経の指標とすることが多い³⁶⁾。そこで今回は、LF/HFを交感神経の指標、HFを副交感神経の指標として、LF/HFとHFのトレンド波形から時間経過における交感神経、副交感神経の経時的な活動性の変化を評価した。

比較方法

ブラキシズムイベントを示す咬筋活動と交感神経・副交感神経活動の変動を時系列で評価するため、横軸を経過時間、縦軸を咬筋活動と交感神経・副交感神経活動の一晩の平均値に対する相対値としたグラフを作成し重ね合わせた

(図 3)。このグラフからブラキシズムと判定された咬筋の筋活動をブラキシズムイベントとして、交感神経活動、副交感神経活動の変動を全睡眠時間中において時系列で比較検討し、どのような関連性を持っているのかを評価した。

経時的なブラキシズムイベントと交感神経、副交感神経の活動パターンをそれぞれの変動の発生順により **Pattern A** から **Pattern D** に分類した (図 4)。

Pattern A: 最初に交感神経の賦活が起こり、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の賦活が続くパターン。

Pattern B: 最初に交感神経の賦活が起こり、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の鎮静または変化なしとなるパターン。

Pattern C: 最初は交感神経の鎮静または変化なしの状態で、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の賦活が続くパターン。

Pattern D: ブラキシズム活動の前後において、交感神経・副交感神経の変化がないパターン。

また、ブラキシズムイベントにおいてにおける下記項目においてブラキシズム活動と自律神経活動の評価を行った (図 5)。

① ブラキシズムイベント時の副交感神経活動におけるピーク前後 5 秒の平均値

- ② ブラキシズムイベント時の交感神経活動 におけるピーク前後 5 秒の平均値
- ③ ブラキシズムイベントの時間 (sec)
- ④ ブラキシズムの筋活動量 (%MVC/sec)

統計処理

統計処理は SPSS バージョン15 ウィンドウズ (SPSS社、USA) を使用し、ブラキシズム、交感神経活動、副交感神経活動の各指標との間の相関関係を Spearman の順位相関係数を用いて検討した。これらは、有意水準が5%未満にて有意とした。

結果

今回の各被験者の年齢、睡眠時間、睡眠中のブラキシズムイベントの数とそのパターンの分布を示す (表 1)。

1. ブラキシズム発現と自律神経活動の順次性

多くのブラキシズムイベントの発生時には、そのブラキシズムイベントを中心に長くとも 60sec 前後の短い間隔で自律神経活動が変動しており、その自律神経活動の変動は、交感神経が賦活した後、ブラキシズム活動が発現し、

その後、副交感神経が賦活する **Pattern A** が全体（総ブラキシズムイベント数 356）の 93.3% を占めていた（表 2）。また、その **Pattern A** においてはブラキシズムの活動開始の平均 11.8 秒前に交感神経が賦活し始め、ブラキシズムの活動開始の平均 10.3 秒後に副交感神経が賦活し始めていた（図 6）。

2. ブラキシズムに関連する自律神経活動の強度

ブラキシズム活動時、**Pattern A** のブラキシズムイベントが高頻度であったことから、このタイプのイベントが交感神経、副交感神経の両方の変動があることから自律神経との関係を判断するのに適していると考えられたため、**Pattern A** のブラキシズムイベントにおいてブラキシズム活動と自律神経活動の評価を行った。その結果、ブラキシズムイベント時の交感神経活動は、一晩の平均値に対して約 16 倍、副交感神経活動は、一晩の平均に対して約 3 倍となっていた。ブラキシズム時の咬筋活動は、平均 15%MVC で、最大のものでは覚醒時の最大咬筋活動の 150% 以上のものもあった（表 3）。

3. ブラキシズム活動と自律神経活動の相関

交感神経活動と副交感神経活動それぞれに対して、ブラキシズムの筋活動、ブラキシズムイベントの時間の長さとの相互関係を被験者ごとに調べた（表 4）。

交感神経活動とブラキシズムイベントの時間の長さは、被験者 11 人中 7 名において有意な相関関係が認められた。その代表例を図 7 に示した。ついで、副交感神経活動とブラキシズムの筋活動に関しては被験者 11 人中 5 名において有意な相関関係を認めた。その代表例を図 8 に示した。

交感神経活動とブラキシズムの力の強さは被験者 11 名中 2 名、副交感神経活動とブラキシズムイベントの時間の長さについては、被験者 11 名中 1 名において有意な相関関係があった。

考察

本研究では、睡眠中のブラキシズムイベント時の自律神経活動を時系列に確認し、その関連性を調べた。その結果、ブラキシズムイベントは、93.3%という高い確率で、交感神経が賦活した後、ブラキシズム活動が発生し、その後、副交感神経が賦活するというパターン (Pattern A) であった。また、交感神経活動は、ブラキシズムイベントの時間の長さと有意な相関関係が被験者 11 名中 7 名という多くの例で認められ、次いで副交感神経活動は、ブラキシズムの筋活動と有意な相関関係を認める被験者が 11 名中 5 名であった。交感神経活動とブラ

キシズムの筋活動、副交感神経活動とブラキシズムイベントの時間の長さには一部の例を除いて有意な相関関係は、認められなかった。

これらのことから、今回対象とした被験者群においてブラキシズム活動と自律神経活動には密接な関係があることが分かった。すなわち、ブラキシズムは交感神経活動のみならず副交感神経活動とも密接に関係し、自律神経システムをコントロールしている可能性が考えられる。

睡眠ブラキシズムの発生時には、交感神経の賦活、心拍数、血圧の上昇、呼吸数の増加、睡眠中の微小覚醒と関連していること²⁶⁻²⁹⁾、また睡眠ブラキシズムは、交感神経活動抑制作用のある降圧剤のクロニジン ($\alpha 2$ アドレナリン受容体アゴニスト) の投与により睡眠ブラキシズムが抑制される³⁸⁾という報告もある。その他、早朝に心臓突然死が発症しやすいこと³⁹⁾と、睡眠の後半には、睡眠ブラキシズムの発生しやすい浅い睡眠段階が多くなること⁴⁰⁾との関係、睡眠時無呼吸症例では夜間の血圧が高くなり、生理的に観察されるはずの夜間の血圧下降が消失しやすいこと⁴¹⁾と、睡眠時無呼吸症例における睡眠ブラキシズムの併発が指摘されていること⁴²⁻⁴³⁾との関係は、睡眠ブラキシズムと自律神経との関係性を考えた時に注目すべきことと考えられる。ブラキシズム活動は、ストレスにより誘発される生理反応を軽減することが多数の研究より認められてきたことであるが²¹⁻²⁵⁾、さらに自律神経との関わりの中で生体のホメオスタシ

スの維持にも影響を与えているとも考えられる。顔面・口腔領域の血管は、三叉神経の求心性刺激により、副交感神経拡張線維を介して血管拡張反応を起こすと言われている³¹⁻³³⁾。また、和泉ら³⁴⁾は咀嚼などによる触覚・圧覚などもこの血管拡張反応のトリガーとなるとしている。

睡眠ブラキシズムによる三叉神経の求心性刺激も、副交感神経を介した顔面・口腔領域の血管拡張反応に関与していることが考えられ、ブラキシズムが生体における生理的に重要な活動として働いていることが推測できる。

ブラキシズム時の過剰な筋活動が顎顔面口腔領域に為害的に働くこともあるが、ブラキシズム活動の全てが為害的かどうかは、これまでの基礎研究で報告されているように咬合様式の問題など環境的な要因も考慮したうえで判断しなければならない。個体ごとの多様性が大きい活動であるブラキシズムは、口腔系に為害作用の少ない生理的な範囲のブラキシズムと、多くの歯科医学的な問題を発現する過剰な筋活動を伴う非生理的なブラキシズム活動を区別する必要がある。ブラキシズムは、大部分の個体で観察される睡眠中の咀嚼筋活動であり、本研究で示されたように、生体の各器官の機能の恒常性を保つために働く自律神経との関係性を考慮すると、ブラキシズム活動が生理的な意味を持つことを否定することは出来ない。今後は被験者として含まれていないブラキサーのブラキシズム活動も含めて検討し、多様なブラキシズム活動に対する自律神

経活動についてのさらなる検討を行い、生理的なブラキシズムと非生理的なブラキシズムの診断基準を策定する必要があると思われる。

結論

11 名の被験者を対象に睡眠ブラキシズムと自律神経活動（交感神経、副交感神経活動）の関係性を経時的に比較検討したところ、次のような結論を得た。

1. ブラキシズムイベントの発生時には、交感神経が賦活（ブラキシズムの活動開始の平均 11.8 秒前）した後、ブラキシズム活動が発生し、その後副交感神経が賦活（ブラキシズムの活動開始の平均 10.3 秒後）するパターンが全体の 93.3% に認められた。
2. ブラキシズムイベント時の交感神経活動は、一晩の平均値に対して約 16 倍、副交感神経活動は、一晩の平均に対して約 3 倍となっていた。
4. ブラキシズムの咬筋活動は、平均 15%MVC で、最大のものでは覚醒時の最大咬筋活動時の 150% 以上のものも認められた。
5. 交感神経活動とブラキシズムイベントの時間の長さが被験者 11 人中 7 名において有意な相関関係が認められた、ついで、副交感神経活動とブラキシズ

ムの筋活動に被験者 11 人中 5 名において有意な相関関係を認めた

6. 交感神経活動とブラキシズムの筋活動、副交感神経活動とブラキシズムイベントの時間の長さとの間には有意な相関関係が認められなかった。

これらのことから、ブラキシズム活動と自律神経活動との間には密接な関係がある可能性があり、ブラキシズム活動が生理的な意味を持つことが示唆された。

謝辞

稿を終えるにあたり、ご懇篤なるご指導とご指導と御校閲を賜りました神奈川県歯科大学佐藤貞雄名誉教授に深く感謝いたします。また懇切なるご指導とご助言を頂きました神奈川県歯科大学歯科矯正学講座河田俊嗣教授ならびに神奈川県歯科大学顎咬合機能回復補綴医学講座玉置勝司教授、神奈川県歯科大学顎咬合機能回復補綴医学講座非常勤講師吉見英広先生に心より感謝の意を表します。

文献

1. Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standard terminology: Techniques and scoring system for sleep stages in human subjects. Institute of Health Publication No. 204. US Government Printing Office, 1968.
2. 松浦秀夫, 井上一郎, 梶山梧朗. 血圧日内変動の成立機序. 日本臨床 50 増刊号高血圧(上) : 461-465, 1992.
3. Vandewalle G, Middleton B, Rajaratnam SMW, Stone BM, Thorleifsdottir B, Arendt J, Dijk DJ. Robust circadian rhythm in heart rate and its variability; influence of exogenous melatonin and photoperiod. J Sleep Res. 16: 148-155, 2007.
4. Tononi G, Cirelli C. Sleep function and synaptic homeostasis. Sleep Med Rev 10: 49-62, 2006.
5. Kato T, Thie N, Montplaisir J, Lavigne GJ. Bruxism and orofacial movements during sleep. Dent Clin North Am 45: 657-684, 2001.
6. Lavigne GJ, Rompre PH, Poirier G, Huard H, Kato T, Montplaisir JY. Rhythmic masticatory muscle activity during sleep in humans. J Dent Res 80: 443-448, 2001.
7. McCoy G. Dental compression syndrome: a new look at an old disease. J Oral Implantol 25: 35-49, 1999.

8. Turp JC, Gobetti JP. The cracked tooth syndrome: An elusive diagnosis. J Am Dent Assoc 127: 1502-1507, 1996.
9. Schroeder HE. Monographs in developmental biology. Basel: Karger, 1971.
10. Tamaki K, Hori N, Fujiwara M, Yoshino T, Toyoda M, Sato S. A pilot study on masticatory muscles activities during grinding movements in occlusion with different guiding areas on working side. Bull Kanagawa Dent Coll 29: 26-27, 2001.
11. Henrikson T, Ekberg EC, Nilner M. Symptoms and signs of temporomandibular disorders in girls with normal occlusion and Class II malocclusion. Acta Odontol Scand 55: 229-235, 1997.
12. Milam SB. Articular disk displacements and degenerative temporomandibular joint disease. In: Sessle BJ, Bryant PS, Dionne RA(eds). Temporomandibular Disorders and Related Pain Conditions, Progress in Pain Research and Management. Vol.4. Seattle: IASP Press : 89-112, 1995.
13. Labezoo F, Naeije M. Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally. J Oral Rehabil 28: 1085-1091, 2001.
14. Slavicek R. Das Kauorgan Funktionen und Dysfunktionen. Austria: Gamma Dental Edition, 2001.
15. Sato S, Slavicek R. Bruxism as a stress management function of masticatory organ.

- Bull. Kanagawa Dent. Coll 29: 101-110, 2001.
16. Sari DK, Kuwahara S, Tsukamoto Y, Hori H, Kunugita K, Arashidani K, Fujimaki H, Sasaki F. Effect of prolonged exposure to low concentrations of formaldehyde on the corticotropin releasing hormone neurons in the hypothalamus and adrenocorticotrophic hormone cells in the pituitary gland in female mice. Brain Res 1013: 107-116, 2004.
17. Maier SF, Watkind LR. Cytokines for Psychologists: Implications of Bidirectional Immune-to-Brain Communication for Understanding Behavior, Mood, and Cognition. Psychol Rev vol. 105: 83-107, 1998.
18. Selye H, McKeown T. Studies on the physiology of the maternal placenta in the rat. Proc Roy Soc Lond 119: 1-31, 1935.
19. Weinberg J, Erskine M, Levine S. Shock-induced fighting attenuates the effects of prior shock experience in rats. Physiol Behav 25: 9-16, 1980.
20. Tsuda A, Tanaka M, Ida Y, Shirao I, Gondoh Y, Oguchi M, Yoshida M. Expression of aggression attenuates stress-induced increases in rat brain noradrenaline turnover. Brain Res 474: 174-180, 1988.
21. Tanaka T, Yoshida M, Yokoo H, Tomita M, Tanaka M. Expression of aggression attenuates both stress-induced gastric ulcer formation and increases in noradrenaline

- release in the rat amygdale assessed by intracerebral microdialysis. *Pharmacol Biochem Behav* 59: 27-31, 1998.
22. Kaneko M, Hori N, Yuyama N, Sasaguri K, Slavicek R, Sato S. Biting supresses Fos expression in various regions of the rat brain-further evidence that the masticatory organ functions to manage stress. *Stomatologie* 101: 151-156, 2004.
 23. Hori N, Yuyama N, Tamura K. Biting suppresses stress-induced expression of corticotropn-releasing factor (CRF) in the rat hypothalamus. *J Dent Res* 83: 124-128, 2004.
 24. Miyake S, Sasaguri K, Hori N, Shoji H, Yoshino F, Miyazaki H, Anzai K, Ikota N, Ozawa T, Toyoda M, Sato S, Lee MC. Biting reduces acute stress-induced oxidative stress in the rat hypothalamus. *Redox Rep* 10: 19-24, 2005.
 25. Takashina H, Itoh Y, Iwamiya M, Sasaguri K, Sato S. Stress-induced bruxism modulates stress-induced systemic tissue damages in rats. *Kanagawa Shigaku* 40: 1-11, 2005.
 26. Nashed A, Lanfranchi P, Rompré P, Carra MC, Mayer P, Colombo R, Huynh N, Lavigne G. Sleep Bruxism Is Associated with a Rise in Arterial Blood Pressure *Sleep* 35(4): 529–536, 2012.
 27. Carra MC, Huynh N, Lavigne G. Sleep bruxism: a comprehensive overview for the

- dental clinician interested in sleep medicine. *Dent Clin North Am* 56(2): 387-413, 2012.
28. Kato T, Rompre P, Montplaisir JY, Sessle BJ, Lavigne GJ. Sleep bruxism: an oromotor activity secondary to micro-arousal. *J Dent Res* 80: 1940-1944, 2001.
29. Lavigne GJ, Huynh N, Kato T, Okura K, Adachi K, Yao D, Sessle B. Genesis of sleep bruxism: Motor and autonomic-cardiac interactions. *Arch Oral Biol* 52: 381-384, 2007.
30. Okada S, Hori N, Kimoto K, Onozuka M, Sato S, Sasaguri S. Effect of biting on elevation of blood pressure and other physiological responses to stress in rats: Biting may reduce allostatic load. *Brain Res*. 1185: 189-194, 2007.
31. Kemppainen P, Leppanen H, Jyvasjarvi E, Pertovaara A. Blood flow increase in the orofacial area of humans induced by painful stimulation. *Brain Res Bull* 33: 655-662, 1994.
32. Satoh-Kuriwada S, Sasano T, Date H, Karita K, Izumi H, Shoji N, Hashimoto K. Centrally Mediated reflex vasodilation in the gingiva induced by painful tooth-pulp stimulation in Sympathectomized human subjects. *J Periodontal Res* 38: 218-222, 2003.

33. Sudo E, Ishii H, Niioka T, Hirai T, Izumi H. Parasympathetic vasodilator fibers in rat digastric muscle. *Brain Res* 1302: 125-131, 2009.
34. 和泉博之. 味覚性発汗と顔面口腔領域の自律神経支配. 北海道医療大学歯学雑誌 29 : 33-62, 2010.
35. Yoshimi H, Sasaguri K, Tamaki K, Sato S. Identification of the occurrence and pattern of masseter muscle activities during sleep using EMG and accelerometer systems. *Head Face Med* 5: 1-10, 2009.
36. 佐々木一裕, 安田猛彦, 寺山靖夫. 心電図 R-R 間隔変動: スペクトル解析. 自律神経機能検査(日本自律神経学会 編); 第4版, 文光堂, 東京, 164-168, 2007.
37. Akay M, Akay YM, Londesberg G, Welkowitz W, Sapaznikov D. Time-frequency analysis of heart rate fluctuations during carotid surgery using the short term fourier and fast wavelet transform. *BME* 11: 24-33, 1997.
38. Carra MC, Macaluso GM, Rompré HR, Huynh N, Parrino L, Terzano MG, Lavigne GJ. Clonidine Has a Paradoxical Effect on Cyclic Arousal and Sleep Bruxism during NREM Sleep. *Sleep* 33(12): 1711–1716, 2010.
39. Kong TQ Jr, Goldberger JJ, Parker M, Wang T, Kadish AH. Circadian variation in human ventricular refractoriness. *Circulation*. 92(6): 1507-16, 1995.
40. Lavigne GJ, Kato T, Mayer P. Pain and sleep disturbances. In: Sessle BJ, Lavigne

- GJ, Lund JP, Dubner R(eds). Orofacial Pain: From Basic Science to Clinical Management; ed 2, Quintessence, Chicago, 125-132, 2008.
41. Kales A, Bixler EO, Cadieux RJ, Shaw LC 3rd , Locke TW, Soldatos CR. Sleep apnoea in a hypertensive population. Lancet 2: 1005-1008, 1984.
42. 猪子芳美, 大沼智之, 森田修己. 閉塞型睡眠時無呼吸症患者における睡眠時咬筋活動. 補綴誌 48: 59-66, 2004.
43. Ohayon MM, Li KK, Guilleminault C. Risk factors for sleep bruxism in the general population. Chest 119: 53-61, 2001.

付図説明

図 1 睡眠ブラキシズム活動の記録

A は、この研究で使用した 2 軸加速度センサー (ACC) を示す。B は、前頭部の左右的中心部に基準 ACC を、またオトガイの左右的中心部に運動記録用の ACC をそれぞれ装着した状態を示す。咀嚼筋活動を計測する表面電極は、左右咬筋部に装着した。

(Yoshimi H, et al. 2009³⁵)より引用)

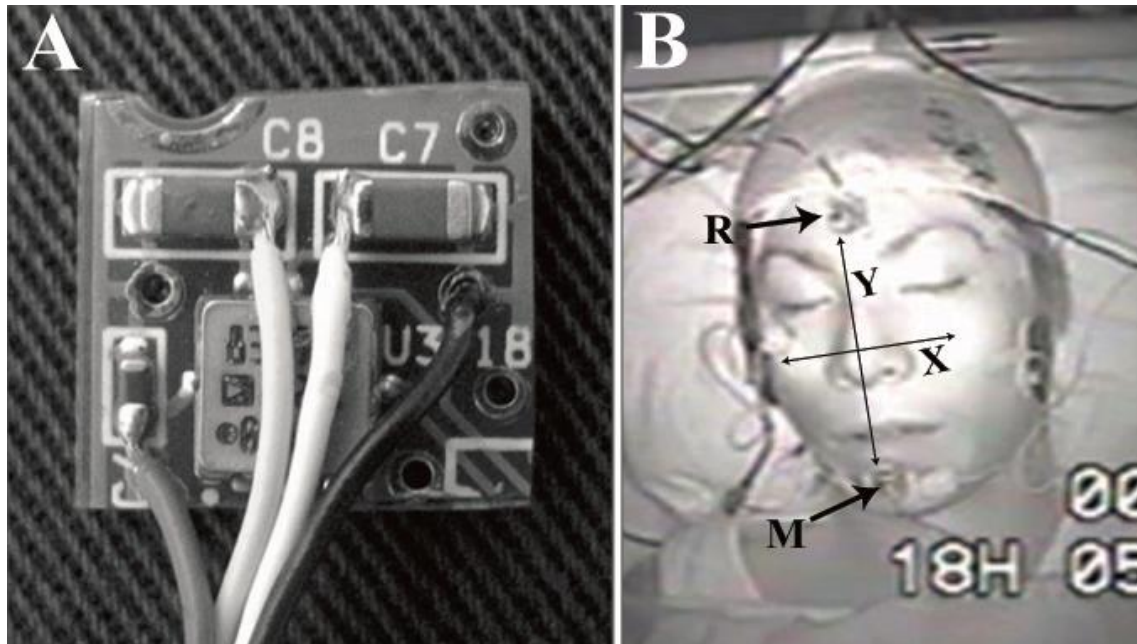


図 2

ガボールウェーブレット LF, HF, LF/HF トренд波形
上から LF Power, HF Power, LF/HF の経時的変化を示す。

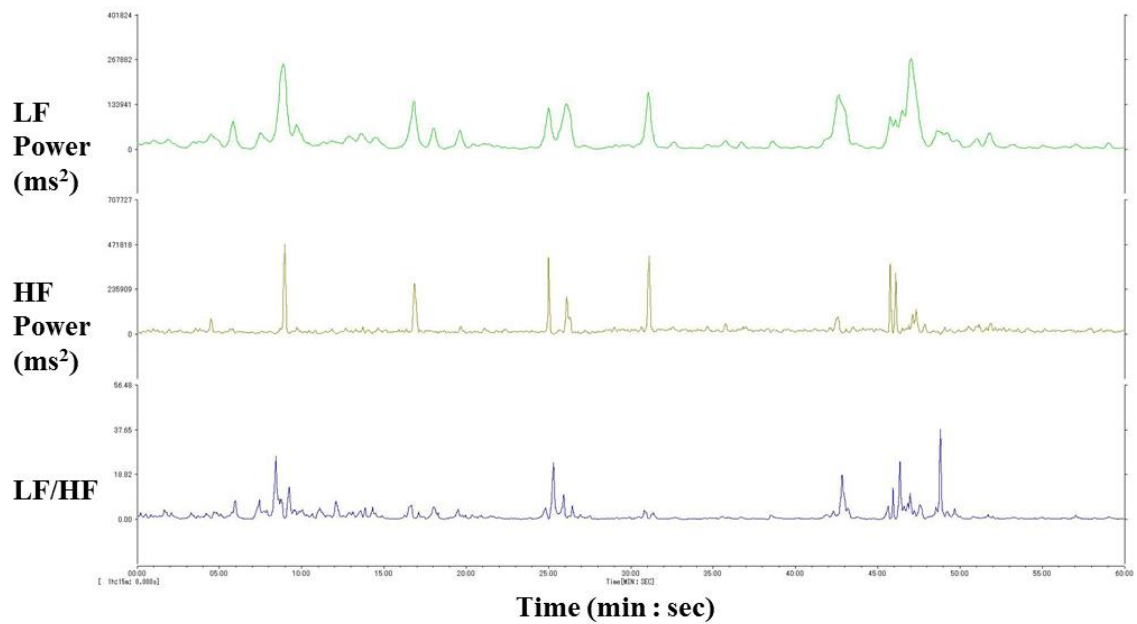


図 3

横軸を経過時間、縦軸を咬筋活動と交感神経・副交感神経活動の一晚の平均値に対する相対値として重ね合わせたグラフ

赤：交感神経活動

青：副交感神経活動

紺：ブラキシズム活動

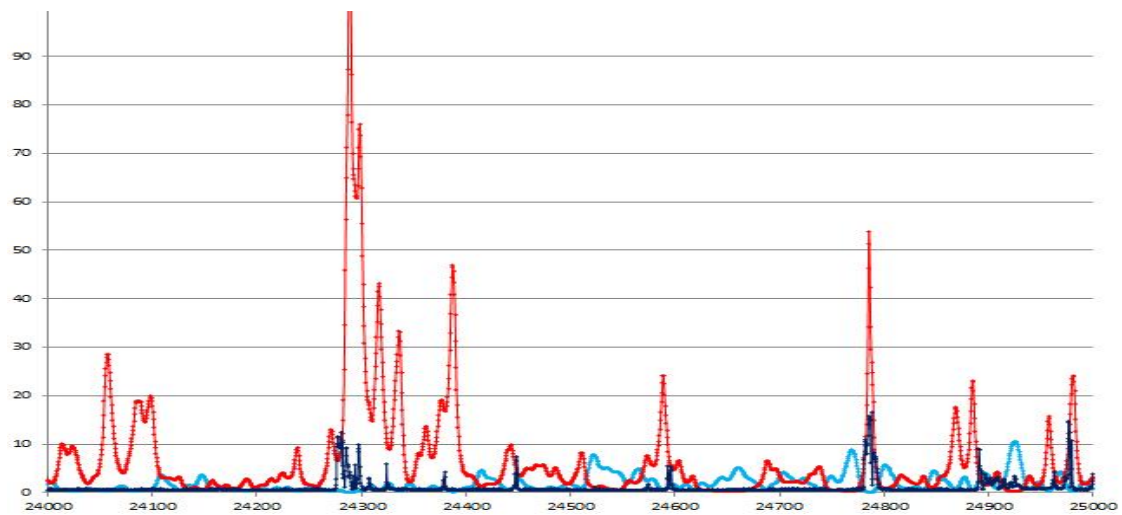


図 4

ブラキシズムイベント時の交感神経、副交感神経の変動パターン

Pattern A: 最初に交感神経の賦活が起こり、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の賦活が続くパターン。

Pattern B: 最初に交感神経の賦活が起こり、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の鎮静または変化なしとなるパターン。

Pattern C: 最初は交感神経の鎮静または変化なしの状態、次いでブラキシズム活動が開始され、その後に副交感神経の賦活が続くパターン。

Pattern D: ブラキシズム活動の前後において、交感神経・副交感神経の変化がないパターン。

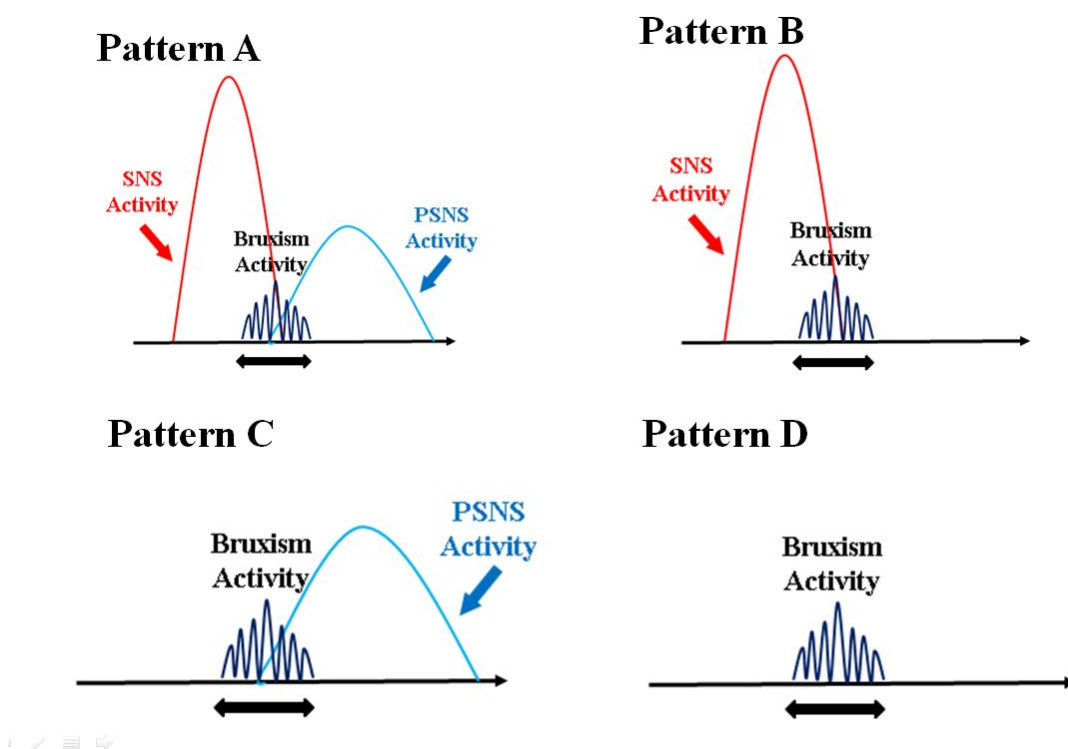


図 5

ブラキシズムイベントにおけるブラキシズム活動と自律神経活動の評価

- ブラキシズムイベント時の副交感神経活動におけるピーク前後 5 秒の平均値
- ブラキシズムイベント時の交感神経活動 におけるピーク前後 5 秒の平均値
- ブラキシズムイベントの時間 (sec)
- ブラキシズムの力の強さ (%MVC/sec)

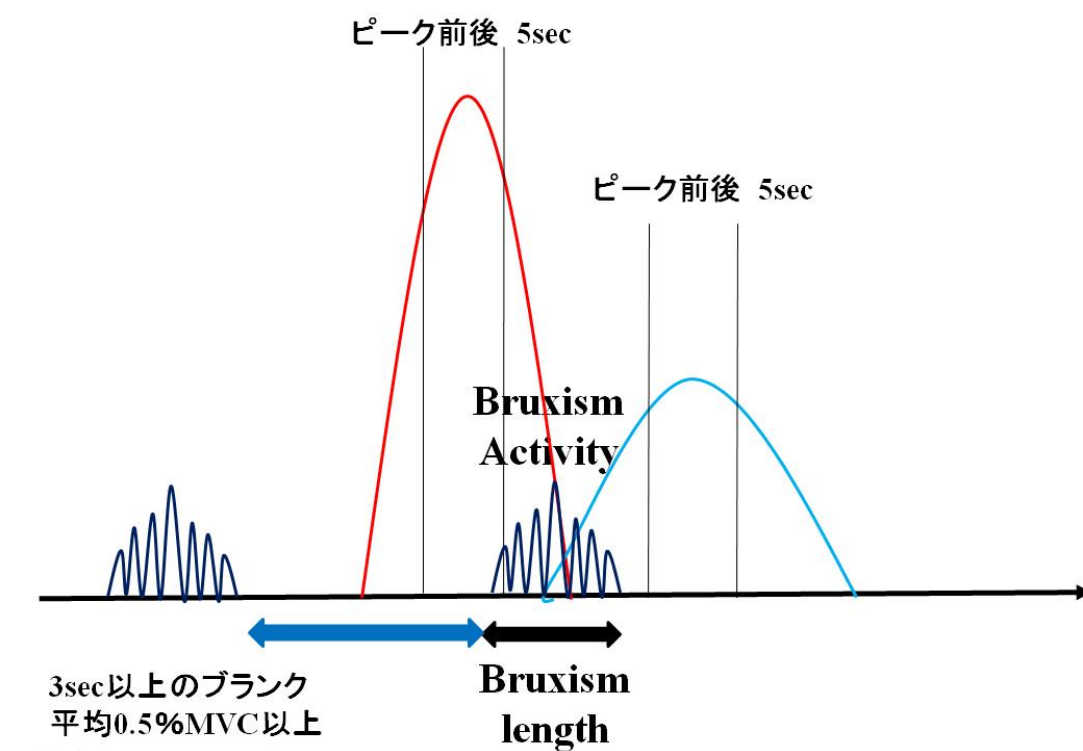


表 1 各被験者におけるブラキシズムイベント時に生じる Pattern A-D の分布

Volunteer #	Age (Year/month)	Sleep time (hour/min)	Number of Brux Event	Pattern distribution			
				Pattern A	Pattern B	Pattern C	Pattern D
1	28y6m	6h33m	21	21			
2	22y0m	6h 6m	21	20		1	
3	25y10m	7h57m	40	40			
4	23y1m	6h56m	32	27	1	2	2
5	26y9m	6h41m	9	9			
6	26y2m	7h57m	45	43	1	1	
7	24y0m	6h59m	39	39			
8	21y5m	7h57m	42	42			
9	22y4m	7h57m	21	18	2		1
10	23y4m	7h57m	33	24	9		
11	27y1m	6h59m	53	49	1	3	
Total			356	332	14	7	3

表 2 ブラキシズムイベント時に生じる Pattern A-D の発現

	Brux. Numbers	Average Brux. (No/night/person)	Events (%)
Pattern A	332	30.2	93.3
Pattern B	14	1.3	3.9
Pattern C	7	0.6	2.0
Pattern D	3	0.3	0.8
Total	356*		

***Total Sleep Bruxism Events from 11 subjects**

図 6

Pattern A における、ブラキシズム開始時間に対する交感神経、副交感神経の平均活動開始時間

- ・ 交感神経 (SNS: Sympathetic nervous system) の平均活動開始時間：ブラキシズム活動開始の平均 11.8 秒前
- ・ 副交感神経 (PNS: Parasympathetic nervous system) の平均活動開始時間：ブラキシズム活動開始の平均 10.3 秒後

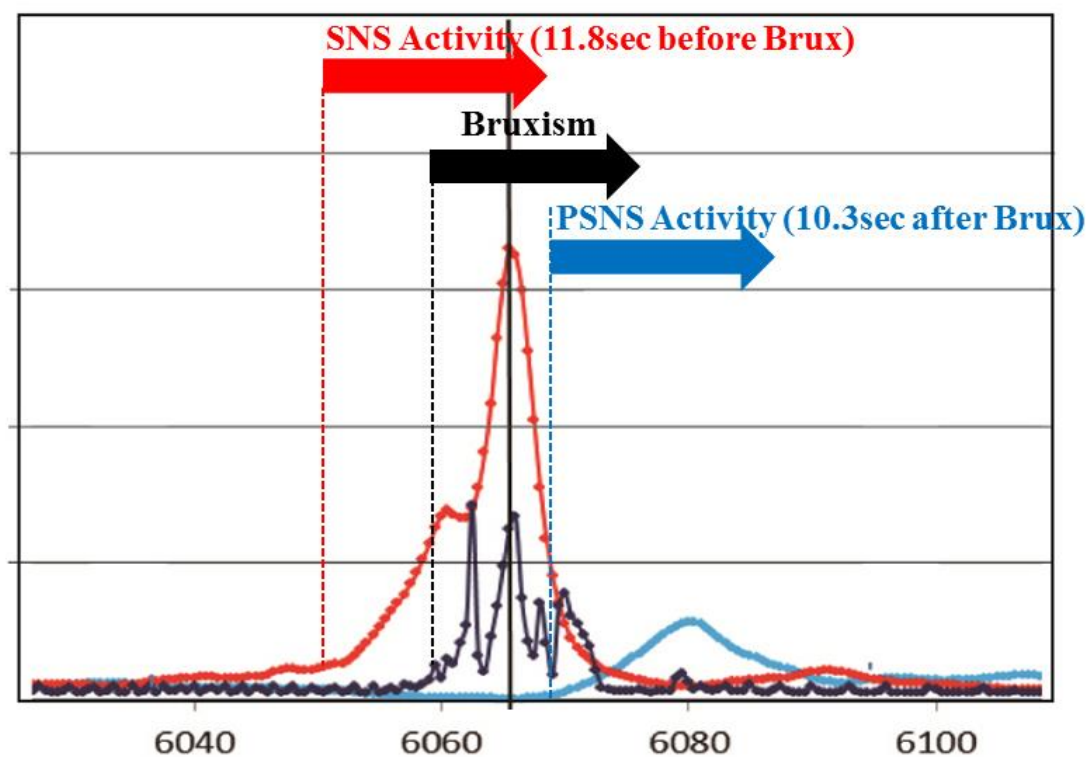


表 3

交感神経活動 (LF/HF Activity)、副交感神経活動 (HF Activity)、ブラキシズムイベントの長さ、ブラキシズムの筋活動量 (%MVC) の比較

	Means	SD	Max.	Min.
LF/HF Activity (Ratio of average LF/HF during whole night)	15.75 ± 19.80		140.83	0.83
HF Activity (Ratio of average HF during whole night)	2.94 ± 2.20		14.49	0.02
Bruxism Length (Second / Event)	14.61 ± 12.59		133.5	3.0
Muscle Activity (% MVC / Sec)	15.1 ± 14.8		154.0	3.5

表 4

各被験者における、交感神経活動と副交感神経活動それぞれに対して、ブラキシズムの筋活動、ブラキシズムイベント時間の長さとの相関関係

Relationship between autonomic nervous activity and occurrence bruxism event								
Volunteer #	Number of Event (Pattern)				Correlation Coefficient (Pattern A)			
	A	B	C	D	LF/HF Vs %MVC	LF/HF Vs Brux Length	HF Vs %MVC	HF Vs Brux Length
1	21				NC	0.53*	NC	NC
2	20		1		NC	0.73**	0.47*	NC
3	40				0.35*	0.40*	NC	NC
4	27	1	2	2	NC	NC	NC	NC
5	9				NC	NC	NC	NC
6	43	1	1		NC	0.51**	NC	NC
7	39				NC	0.32*	0.33*	NC
8	42				NC	NC	0.39**	0.35*
9	18	2		1	NC	NC	NC	NC
10	24	9			NC	0.51*	0.46*	NC
11	49	1	3		0.45**	0.52**	0.29*	NC

NC; No Correlation , *Significant at $p<0.05$, **Significant at $p<0.01$

図 7

交感神経活動 (LF/HF)とブラキシズムイベントの時間の長さの相関 (代表例)
(Spearman の順位相関係数、 $r_s = 0.73$, $p < 0.01$)

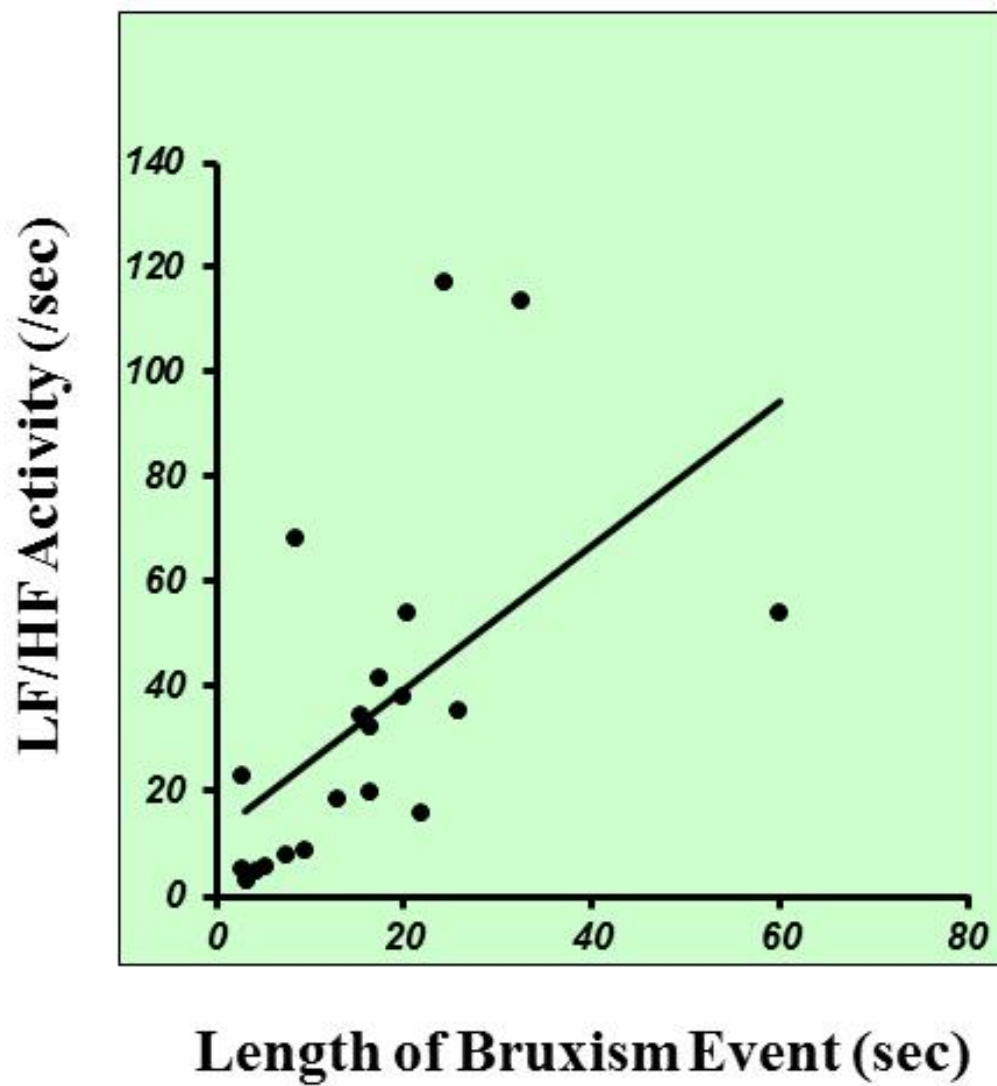


図 8

副交感神経活動(HF)とブラキシズムの筋活動 (%MVC) における相関(代表例)
(Spearman の順位相関係数、 $r_s = 0.46$, $p < 0.05$)

